

県産スギ大径材の利活用に関する研究

－ フォーバイ材等の性能評価 －

令和6年度～令和7年度

木材チーム 佐藤太一郎

豆田 俊治

城井 秀幸

1. 目 的

北米で生まれた枠組壁工法は、日本では1974年に技術基準が告示され半世紀が経過しており、大分県においても木造住宅着工数におけるシェアは約25%を占め¹⁾、工法として定着している。枠組壁工法に用いられる部材はSPF材が主であるが、ウッドショックによる価格高騰等により、業界では国産材への転換を図っている。また、枠組壁工法に用いられるフォーバイ材等の幅広い部材は、全国的に課題となっている大径材の需要先として期待できる。

当部では、平成26年度～平成28年度に県産スギを用いたツーバイ材の強度評価^{2~4)}を実施したが、大径材を用いたフォーバイ材等の強度評価は未実施である。そこで、本試験では大径材を用いたフォーバイ材等の強度評価を行うことを目的とし、今年度は寸法型式405、406、408（以下、それぞれ405、406、408と記す）の曲げ強度試験を行ったので結果を報告する。

2. 試験方法

1) 原木、製材、乾燥、寸法調整、品質区分

原木は、県南部地域及び県西部地域より入手した大径のスギ丸太18本（県南部9本、県西部9本）を使用した。原木の材長、重量、末口径、元口径、縦振動ヤング係数（以下、 E_{fr} と記す）を計測した。 E_{fr} はFFTシグナルアナライザー（SA-77、リオン株式会社）を用い固有周波数を測定し算出した。曲げ試験に用いる試験体数は、2018年枠組壁工法建築物構造計算指針⁵⁾（以下、指針と記す）に準じ、 $0.1537 \times$ 変動係数²⁾とした。変動係数はJIS Z 2101木材の試験方法⁶⁾（以下、JISと記す）における曲げ強さの値を用いた。各部材に用いた製品寸法、歩増し量等を表-1に、木取りパターン及び木取り位置を示す部材番号を図-1に示す。製材後、含水率が19%以下になるよう人工乾燥を行った。人工乾燥のスケジュールは、蒸煮（乾球95℃、湿球95℃で6～8時間）、高温セット（乾球120℃、湿球90℃で12時間）、中温乾燥（乾球90℃、湿球60℃で168時間）を基本とし、19%以下にならなかったものについては、乾球90℃、湿球60℃もしくは乾球60℃、湿球30℃で、19%以下になるまで追加乾燥を行った。乾燥後、養生期間を5日～2か月程養生し、モルダー加工を行い長さ4mに仕上げた。仕上げ後の供試体について、JAS0600 日本農林規格 枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材⁷⁾（以下、枠組JASと記す）における節、穴、曲がり（最大矢高÷弦の長さ×100（%））、反り、木口の貫通割れの項目について甲種の品質区分を行った。

表-1 製品寸法、歩増し量等

寸法 型式	製品寸法 (mm)			歩増し量 (mm)		丸太 本数	試験体 本数
	はり幅	はりせい	長さ	はり幅	はりせい		
405	89	114	4000	13	14	4	36
406	89	140	4000	13	15	7	35
408	89	184	4000	13	16	7	37

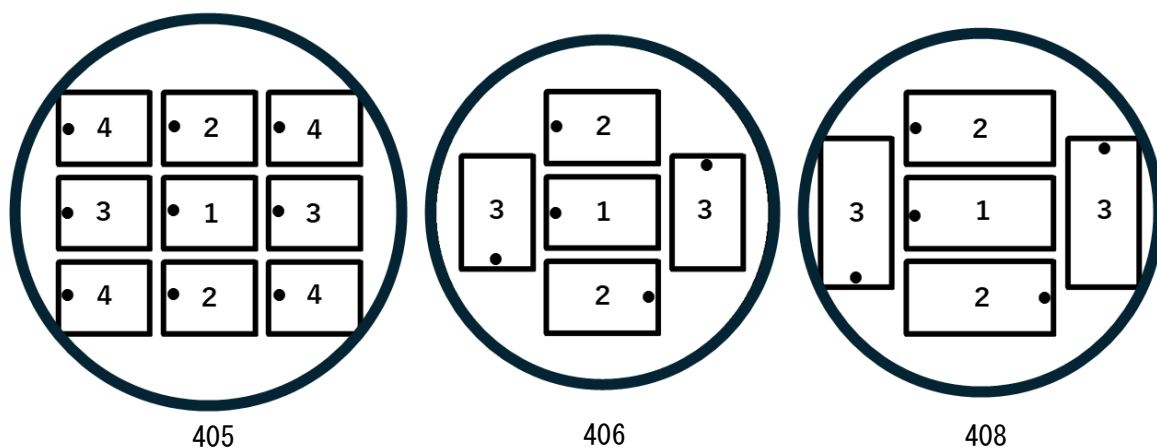


図-1 木取りパターン及び木取り位置を示す部材番号
(黒点は曲げ試験での加圧面を示す。)

2) 曲げ試験

曲げ試験は指針に準じ実施した。曲げ試験体は、4 mの供試体から、節、穴の欠点を多く含むよう、405が2,252mm、406が2,720mm、408が3,512mmに、元口もしくは末口から切り出した。その後、 E_{tr} を計測した。スパンは、405は2,052mm、406は2,520mm、408は3,312mmとした。木材実大強度試験機(UH-1000kNAR、株式会社島津製作所)を用い、3等分点4点荷重で試験を実施し、曲げ試験強度(以下、 f_b と記す)、曲げ試験弾性係数(以下、 E と記す)、及び見かけの曲げ試験弾性係数(以下、 E_b と記す)を求めた。 E 及び E_b は最大荷重の約10%~約40%の範囲で求めた。荷重速度は、最大荷重に達する時間がおおよそ5分±2分となるよう設定した。写真-1に試験の様子を示す。



写真-1 408の曲げ試験の様子

3. 結果及び考察

1) 供試材

各寸法型式に用いた原木の計測結果を表-2に示す。

表-2 原木の計測結果

採材寸法型式	末口						元口					
	径 (cm)			年輪数			径 (cm)			年輪数		
	最大	平均±標準偏差	最小	最大	平均±標準偏差	最小	最大	平均±標準偏差	最小	最大	平均±標準偏差	最小
405	52.4	51.3±1.0	50.3	74	61.0±13.0	43	63.0	60.0±2.2	57.8	83	67.0±15.0	47
406	48.7	45.8±1.5	44.3	68	57.4 ±5.9	49	57.5	52.9±3.0	48.9	74	63.9 ±5.6	57
408	48.9	47.9±0.6	47.3	62	55.0 ±5.8	46	62.1	56.2±3.8	53.1	69	60.4 ±6.1	53

採材寸法型式	材長 (cm)			重量 (kg)			密度 (kg/m ³)			E_{fr} (Gpa)		
	最大	平均±標準偏差	最小	最大	平均±標準偏差	最小	最大	平均±標準偏差	最小	最大	平均±標準偏差	最小
	405	419.8	415.1±4.4	410.0	707.8	651.6 ±44.6	599.8	721.7	678.7±29.1	659.1	6.9	6.5±0.5
406	423.5	415.2±5.4	408.3	639.3	565.0 ±71.6	460.5	829.7	741.2±44.6	702.4	8.6	6.8±0.8	6.3
408	421.0	413.0±6.2	403.3	750.2	570.7±118.2	436.3	808.1	662.7±80.3	556.7	7.2	6.5±0.6	5.8

2) 品質区分

各寸法型式の品質区分結果を表-3に、品質区分項目ごとの結果を表-4に示す。本試験では各寸法型式ともに特級の出現率が最も高く、次いで3級が高かった。木口の貫通割れにより3級に区分された試験体が27.1%と他の項目に比べて高く、3級が多い要因となった。その他の区分項目で

表-3 寸法型式ごとの品質区分結果

寸法型式	等級 (甲種)				
	特級	1級	2級	3級	等外
405	20 (55.6)	6 (16.7)	2 (5.6)	7 (19.4)	1 (2.8)
406	16 (45.7)	4 (11.4)	1 (2.9)	14 (40.0)	0 (0.0)
408	21 (56.8)	1 (2.7)	2 (5.4)	13 (35.1)	0 (0.0)

上段の数字は本数、下段 () 内の数字は割合を示す。

は特級~1級が多いことから、木口の貫通割れを防ぐことが出来れば、より等級の高い部材の生産が期待できると考えられる。今後、木口の貫通割れを防ぐ乾燥スケジュールについて、検討が必要である。

曲がり、反りにおいて、各寸法型式の数値及び品質区分結果を表-5に示す。スギ心去り材は、木表側への反りが利用上懸念されているが、ほぼ全てが1級以上に区分される結果となった。枠組 JAS では、甲種特級及び1級について、曲がりとは0.2%以下、反りは405、406が11mm、408が10mm以下と定められている。本試験では、通直な丸太のみを用いたこと、また、歩増し量を、品質区分における反りの1級の値以上とした(表-1)ことが、等級が高くなった要因と思われる。

表-4 区分項目ごとの結果

区分項目	等級 (甲種)				
	特級	1級	2級	3級	等外
節	100 (93.5)	6 (5.6)	1 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)
穴	89 (83.2)	10 (9.3)	5 (4.7)	3 (2.8)	0 (0.0)
曲がり ^{※1}	107 (100.0)		0 (0.0)		1 ^{※3} (0.1)
反り ^{※2}	105 (98.1)		0 (0.0)	2 (1.9)	1 ^{※3} (0.1)
木口貫通割れ ^{※2}	78 (72.9)		0 (0.0)	29 (27.1)	0 (0.0)

上段の数字は本数、下段 () 内の数字は割合を示す

※1 枠組規格の区分は1級以上、3級以上

※2 枠組規格の区分は1級以上、2級、3級

※3 モルダールを通らなかったもの。曲がり、反り以外の項目は区分を行っていないため、他の項目と合計本数が異なる。

表-5 曲がり、反りの数値及び品質区分

寸法型式	曲がり (%)			等級 (曲がり) (本)			反り (mm)			等級 (反り) (本)		
	最大	平均±標準偏差	最小	特級 1級	2級 3級	規格外	最大	平均±標準偏差	最小	特級 1級	2級 3級	規格外
405	0.20	0.08±0.05	0.00	35	0	1 [*]	8.0	2.4±1.9	0.0	35	0	1 [*]
406	0.22	0.06±0.05	0.00	34	1	0	10.0	4.0±2.4	0.5	35	0	0
408	0.27	0.04±0.05	0.00	36	1	0	7.5	3.1±2.0	0.0	37	0	0

※モルダールを通らなかったもの。上記「曲がり (%)」「反り (mm)」にはその数値を含んでいない。

3) 曲げ試験

各寸法型式の密度及び E_{fr} を表-6に、 E_{fr} と E 、及び E_b の関係を図-2に示す。 E_{fr} と E 、 E_{fr} と E_b の回帰直線の決定係数はそれぞれ 0.88 と 0.92 で、正の高い相関関係が認められた。また、 E の値は E_{fr} 及び E_b

表-6 各寸法型式の密度及び E_{fr}

寸法型式	密度 (kg/m ³)			E_{fr} (Gpa)		
	最大	平均±標準偏差	最小	最大	平均±標準偏差	最小
405	421.9	369.3±25.1	318.4	9.6	7.5±1.1	5.8
406	489.5	394.7±47.5	332.8	10.4	8.0±1.2	5.8
408	438.9	381.5±24.5	343.6	9.6	7.3±1.1	4.9

と比較すると若干高くなる傾向が確認された。なお、試験体の含水率は 20.0%が1本 (408) あり、それ以外は全て 19%以下だった。405、406、408 の、木取り位置ごとの E と f_b 、及び基準強度との関係をそれぞれ図-3、図-4、図-5 (凡例の 1~4 は図-1 の部材番号にあたる) に示す。 f_b について、406 の 1 個体を除いた全ての試験体が、それぞれの型式における特級の基準強度以上の値であることが確認された。特級に満たなかった個体については、1 級以上の強度を満たすことが確認され、強度性能に問題は無いことが確認された。1 級となったものは、せん断で破壊しており、内部割れが原因と思われた (写真-2) 内部割れが大きい材はせん断破壊する傾向があり⁹⁾、内部割れを小さくする乾燥スケジュールの検討が必要である。

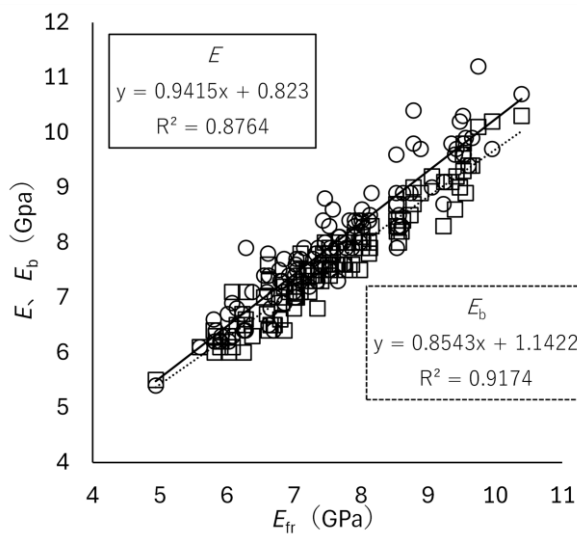


図-2 E_{fr} と E 及び E_b の関係

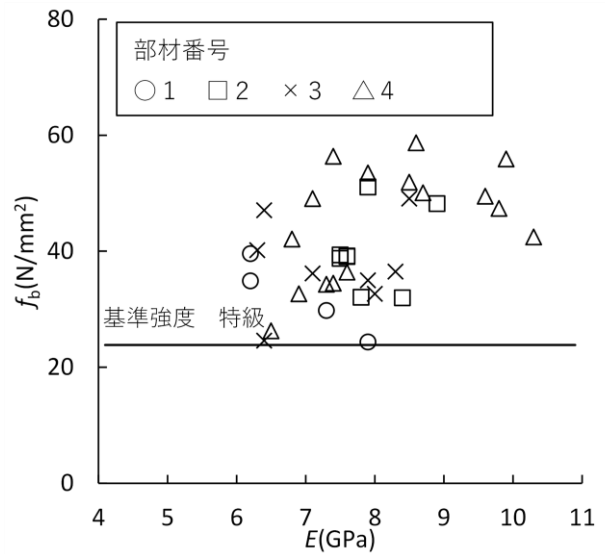


図-3 405 の E と f_b の関係

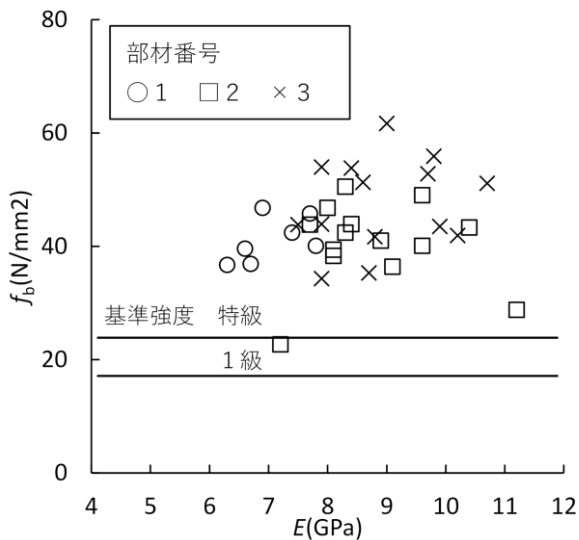


図-4 406 の E と f_b の関係

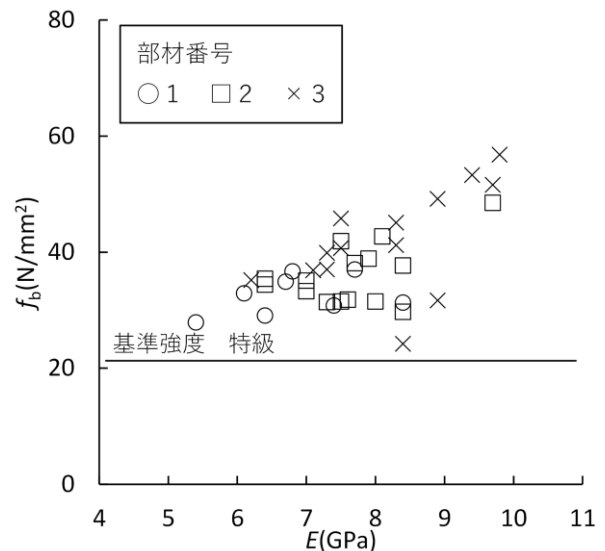


図-5 408 の E と f_b の関係

各型式に共通して、心材付近の試験体より、辺材を含む試験体の方が、強度が大きくなることが確認された。これは、辺材部は心材部に比べ、成熟材を含む割合が高いことが影響しているものと考えられ、大径材の辺材部から心去りフォーバイ材等を生産することは、強度的には有利になるものと思われる。

なお、405、406、408における f_b の変動係数はそれぞれ22.6%、17.9%、19.9%となり、JISに記載の平均値⁶⁾よりも大きい結果となった。即ち、指針に準じるためには、当初想定していた試験体数より多くの試験体が必要であるため、今後データを追加し確認することが望ましい。ただし、今回の試験結果では、ほとんどの試験体が特級の基準強度以上であり、2級以下となる強度は確認されなかったことから、曲げ強度については十分に基準強度を超え、問題ないものと思われる。

今後、引張り強度等の検証を行うとともに、他のフォーバイ材等についても強度試験を実施予定である。

4. まとめ

- ・405、406、408の品質区分（節、穴、曲がり、反り、木口の貫通割れ）を行ったところ、特級の出現率が最も高く、次いで3級が高かった。3級に区分された主な要因は、木口の貫通割れだった。
- ・405、406、408の曲げ試験を実施したところ、406において1級に区分された1本を除き、全ての試験体が特級の基準強度以上の値であることが確認された。1級となったものはせん断で破壊しており、木口面からの内部割れが原因と思われた。
- ・今回の試験結果では、県産大径スギより得た405、406、408について、曲げ強度については基準強度を満たしており、問題ないものと思われる。

参考文献

- 1) 大分県：木材関連統計，（令和6年12月分）住宅着工戸数統計；[2025. 3. 11 参照].
https://www.pref.oita.jp/uploaded/life/2185072_4426494_misc.pdf
- 2) 山本幸雄：平成26年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，35-38（平成27年）。
- 3) 山本幸雄：平成27年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，24-27（平成28年）。
- 4) 山本幸雄：平成28年度大分県農林水産研究指導センター林業研究部年報，28-33（平成29年）。
- 5) 枠組壁工法建築物設計の手引き・構造計算指針編集委員会：2018年枠組壁工法建築物構造計算指針（平成30年）。
- 6) JIS Z 2101：木材の試験方法。日本規格協会（2009）。
- 7) JAS0600：枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用縦たて継ぎ材。農林水産省（2020）。
- 8) 木材の基準強度 F_c 、 F_t 、 F_b 及び F_s を定める件（平成12年5月31日建設省告示第1452号）。
- 9) 井道裕史・長尾博文・加藤英雄：乾燥に伴う内部割れがスギ製材品のせん断強度に及ぼす影響，木材工業，Vol160 NO.4 170-174（2005）。